

DOI: 10.5846/stxb201511182328

赵江, 沈刚, 严力蛟, 黄璐, 金爱民, 霍思高. 海岛生态系统服务价值评估及其时空变化——以浙江舟山金塘岛为例. 生态学报, 2016, 36(23): 7768-7777.

Zhao J, Shen G, Yan L J, Huang L, Jin A M, Huo S G. Assessment and spatiotemporal analysis of the ecosystem services value of island: a case study of Jintang Island. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(23): 7768-7777.

海岛生态系统服务价值评估及其时空变化 ——以浙江舟山金塘岛为例

赵江^{1,2}, 沈刚³, 严力蛟^{1,*}, 黄璐^{1,4}, 金爱民², 霍思高¹

1 浙江大学生命科学学院生态规划与景观设计研究所, 杭州 310058

2 浙江大学海洋学院, 杭州 310058

3 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

4 杭州电子科技大学智慧城市研究中心, 杭州 310012

摘要: 生态系统服务价值研究是目前生态学研究热点之一, 海岛生态系统的特殊性令其更易受人类活动和环境变化的影响。文章在海岛生态系统服务价值当量修订的基础上, 对典型海岛金塘岛 1986—2014 年的生态系统服务价值进行评估, 分析了金塘岛近 30 年来生态系统服务价值的时空动态变化。结果表明: 城镇生态系统面积持续增加, 其他生态系统类型面积不同程度减少, 减少的生态系统类型大多数转化为城镇。1986—2014 年金塘岛的生态系统服务总价值呈下降趋势, 共减少了 1.08 亿元, 减少了 30.23%, 其中湿地与森林的生态系统服务价值量减少最多, 城镇的价值变化率最大。空间上表现为价值极低区域沿着人类活动方向呈现急剧扩大趋势。生态系统提供的产品与服务在数量和质量上逐步下降, 不利于海岛的可持续发展。该研究为海岛地区生态系统服务价值当量修订提供参考, 同时对转变海岛经济发展方式, 促进海岛可持续发展提供基础信息与决策依据。

关键词: 海岛; 当量修订; 生态系统服务价值; 金塘岛

Assessment and spatiotemporal analysis of the ecosystem services value of island: a case study of Jintang Island

ZHAO Jiang^{1,2}, SHEN Gang³, YAN Lijiao^{1,*}, HUANG Lu^{1,4}, JIN Aimin², HUO Sigao¹

1 Institute of Ecological Planning and Landscape Design, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2 Ocean College, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

3 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

4 Smart City Research Center, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310012, China

Abstract: Ecosystem services value is a hotspot research topic in ecology. The uniqueness of island ecosystems makes them more vulnerable to human activities and environmental changes. In revising the ecosystem services value coefficients, we evaluated the ecosystem services value and spatiotemporal dynamics of Jintang Island using remote sensing data from 1986 to 2014. The results showed that, as the area of construction land on the island continuously increased between 1986 and 2014, areas of other land types decreased at various rates. The ecosystem services value of Jintang Island showed a downward trend of 30.23%, and the total value decreased by 108 million yuan. Wetland and woodland lost the most ecosystem services value and the value changed most when used as construction land. From a spatial distribution perspective, areas with lower values expanded dramatically along the center with substantial human activities over the 28

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41376068)

收稿日期: 2015-11-18; 修订日期: 2016-04-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yanlj@zju.edu.cn

years of the study period. Consequently, ecosystem products and services gradually declined in both quantity and quality, which is not conducive to the sustainable development of the island. This study provides a reference for revising ecosystem services value coefficients, as well as useful information for island economic development transformation and sustainable development.

Key Words: island; equivalent revision; ecosystem services value; Jintang Island

海岛是四面环海水并在高潮时高于水面的自然形成的陆地区域,包括有居民海岛和无居民海岛。由于其地理位置的特殊性,极易受台风、海啸等极端气候或自然灾害的影响,生态系统相对比较脆弱,一旦遭到破坏将难以修复。近些年来,随着人类对其干扰程度的加剧,海岛生态系统正在经历着剧烈的变化。如海岛旅游蓬勃发展给海岛带来环境污染、栖息地的破坏;城市化、工业化使得海岛淡水资源紧缺与水环境恶化、渔业资源退化、滩涂湿地快速减少。因此,加强对海岛生态系统的研究和保护至关重要。

每一个海岛都是相对独立而完整的生态系统,为人类提供着一系列实物型服务(食物、原材料、药品等)和非实物型服务(净化空气、水土保持、涵养水源等),而这些非实物型服务还未进入市场经济体系被人们所关注和重视,这种忽视可能最终会威胁到人类的可持续发展^[1-5]。国外 Daily、Costanza、De Groot 等对全球的生态系统服务进行了全面、系统的研究与价值估算,这为全球生态系统服务价值的研究奠定了基础^[1-3]。国内诸多学者也在不同空间尺度上对国内生态系统服务价值进行了探讨^[4-5],其中对海岛生态系统服务价值的研究相对较少^[6-7],仅见从能值分析、生态调节功能估值等方面对岛屿服务价值进行了探究^[8-10],而从价值当量角度来对海岛生态系统服务价值进行评估的研究相对缺乏。因此,文章选取了浙江舟山地区典型海岛,基于海岛区域的特殊性对其服务价值当量进行修订,在此基础上评估了金塘岛 1986—2014 年各生态系统的服务价值,意在探究城镇化、工业化背景下,海岛地区的生态系统服务价值时空动态变化。

1 研究区域概况

研究地区为浙江省舟山市金塘岛(图 1),该岛位于舟山主岛的西侧,处于长江、钱塘江、甬江的入海交汇口,是长江三角洲的前沿门户。年平均气温为 15.6—16.6℃,属于亚热带海洋性气候。自然生态环境优美、农田水利基础设施完善,是舟山历史上重要的农业生产区^[11]。

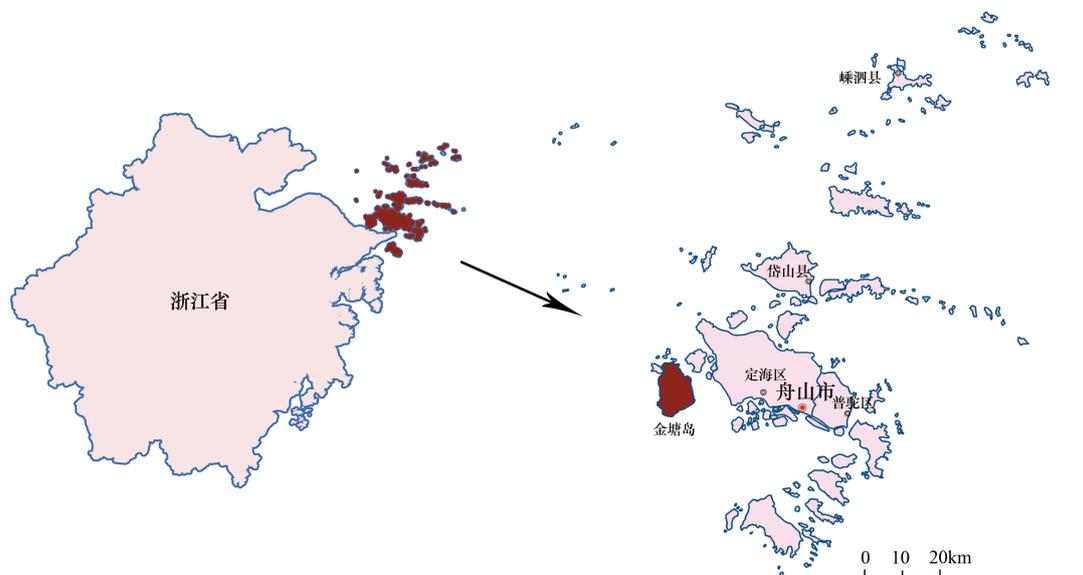


图 1 研究区域位置示意图

Fig.1 The location of Jintang Island

金塘岛属于大陆基岩岛,是舟山群岛第4大岛屿,其东邻册子岛,西有金塘大桥与宁波市镇海区相接,北连灰鳖洋,是南北海运和远东国际航线之要冲。全岛陆域面积为77.35km²,最高点为东部的仙人山,坐标为北纬30°01.9′、东经121°54.4′,海拔455.7m,拥有60.32km的海岸线,其中可供开发的深水岸线约14.5km,是发展大型临港产业的理想之地^[11]。

改革开放以来,随着舟山地区经济的发展、人口的增长、工业化与城镇化进程的加快,特别是在1987年之后舟山撤地建市等行政体制的变革,使得舟山小城镇数量快速增加^[12]。金塘岛作为宁波-舟山港的“桥头堡”,在快速城镇化背景下面临着建设用地急剧增加、耕地非农转化加速、滩涂湿地快速减少、环境日益恶化等情况。

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

遥感影像数据下载日期为1986年5月31日、1995年8月12日、2005年6月4日、2014年12月4日,来源于美国地质调查局(USGS)网站。2014年遥感解译结果结合Google地图高分辨率影像进行人机交互解译,历史影像数据直接在此基础上进行取样验证,解译结果经过混淆矩阵精度验证,得到的总体分类精度分别为86.4%、87.9%、93.8%、90.7%,满足研究要求。借助ENVI软件对这4期数据生态系统进行基于专家知识的决策树法分类,将研究区域分为森林、草地、农田、湿地、城镇、水域等6类生态系统。在ArcGIS中提取生态系统类型转化数据进行统计分析。

2.2 海岛农田和森林生态系统服务价值当量修订

2.2.1 海岛农田生态系统服务价值修订

海岛隔绝于大陆且土地和淡水资源有限,使其农作物产量和价格等都不同于大陆。文章基于前人的研究成果,结合数据可得性,对金塘岛农田生态系统服务价值进行了修订。以农田食物生产的生态系统服务价值当量为1,作为其他生态系统类型当量的参照和区域修订的依据^[13-14]。金塘岛农田生态系统单位面积服务价值以其所在的舟山地区农田生态系统单位面积服务价值代替,通过如下公式获得:

$$E_d = \frac{1}{7} \left(\frac{P \times Q}{A} \right) \quad (1)$$

式中, E_d 为农田生态系统单位面积食物生产服务的经济价值(元/hm²); P 为舟山地区平均粮食价格(元/t); Q 为舟山地区粮食产量(t); A 为舟山地区粮食播种面积(hm²);根据谢高地的研究成果,1个生态系统服务价值当量的经济价值量等于当年每公顷粮食市场价值的1/7^[10]。根据《舟山统计年鉴》和舟山商务局的相关数据,2014年舟山市粮食批发均价为3.4元/kg,粮食作物播种面积为9.27×10³hm²,粮食产量为4.42×10⁴t。依此计算出舟山每公顷粮食的经济价值量16211.4元/hm²以及舟山地区1个当量因子的经济价值量为2315.9元。

2.2.2 海岛森林生态系统服务当量修订

干旱、土壤条件差、风害、盐雾四大自然因素制约着海岛植被发育,使得海岛区域植被生物量有别于大陆。一般来说,生物量越大,生态服务功能越强。为此假定生态服务功能强度与生物量成线性关系,森林生态系统服务当量可作如下修订^[13]:

$$E = (b/B) \times E_i \quad (2)$$

式中, E 为修订后的单位面积森林的生态服务价值当量, b 为研究区域森林的生物量, B 为中国森林生态系统单位面积的平均生物量, E_i 为中国森林生态系统服务价值当量。由舟山市林业局获得舟山森林中针叶林、针阔混交林、阔叶林、灌木林的面积比为12.8:19.2:32:36。典型的原生植被已不复存在,现有的丘陵山地植被除部分更新为松林外,以林相残破、林分质量差的次生阔叶林和灌木林为主,常见的有枫香林、栓皮栎林、白栎林及其萌生灌丛^[15-16]。对应方精云《我国各类森林的生物生产力》表格得出舟山海岛森林单位面积平均生物量

为 $57.64\text{t}/\text{hm}^2$, 我国森林平均生物量 $74.8\text{t}/\text{hm}^2$ [17-18]。依此修订得到森林生态系统服务价值当量为 21.68。

2.3 生态系统服务价值的计算

生态资产中有形的自然资源价值可以直接通过市场价值法求得,而无形的生态系统服务价值则需要建立一系列的评估指标。为了估算海岛生态系统服务价值,文章采用 Costanza、谢高地等人的估算方法体系 [2,13]。鉴于谢高地等的研究成果未考虑以人为主体的城镇生态系统,故而为了研究的完整性,文章从生态服务的供应与消耗平衡关系出发,对城镇生态系统服务当量予以赋值 [19-20]。最终得到如下海岛地区生态系统服务价值当量系数表(表 1)。生态系统服务价值的计算公式是 [21]:

$$ESV = \sum (A_k \times C_k) \quad (3)$$

式中, k 为生态系统类型, A_k 为生态系统类型 k 的面积, C_k 是生态系统服务价值系数, ESV 是研究区域总的生态系统服务价值。

表 1 研究区域的生态系统服务价值当量系数表

Table 1 Ecosystem services value coefficients of land use types in study area

生态系统类型 Ecosystem types	单位面积生态系统服务价值当量 Equivalent value per unit area of ecosystem services	单位面积生态系统服务价值 Unit area ecosystem service value coefficient/(元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$)
森林 Forest	21.68	50209.92
草地 Grass land	11.67	27026.55
农田 Farmland	7.9	18295.61
湿地 Wetland	54.77	126841.84
城镇 Urban	-6.1	-4126.99
水域 Water body	45.35	103798.64

生态系统服务价值按照 2014 年不变价计算

2.4 敏感性分析

文章利用敏感性指数(Coefficient of Sensitive, CS), 来确定生态系统服务价值随时间的变化对于价值系数变化的依赖程度。敏感性指数的计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(a_j - a_i) / a_i} \right| \quad (4)$$

式中, CS 代表敏感性指数, ESV_i 和 ESV_j 分别表示初始的生态系统服务价值和调整后的生态系统服务价值, a_i 和 a_j 分别为调整前与调整后的生态系统服务价值系数。如果 $CS > 1$, 则表明 ESV 对 a 是富有弹性的, 即 1% 的自变量变动引起因变量大于 1% 的变动, 则其准确度差、可信度较低; 如果 $CS < 1$, 则说明 ESV 对 a 是缺乏弹性的, 结果是可信的。

3 结果与分析

3.1 生态系统类型转化分析

金塘岛生态系统类型变化的总体趋势为城镇生态系统面积的增加与其他生态类型面积的减少(图 2), 城镇生态系统面积的增加主要来自于湿地、森林与农田生态系统的转化。在 1986—2014 年, 城镇生态系统面积变化幅度最大, 增加了 1390.86hm^2 , 变化幅度为 427.50%, 年均变化率为 6.12%; 其次是湿地生态系统, 其变化率为 -82.31%; 草地、农田、水域、森林的变化率分别是 -32.7%、-20.75%、-18.73%、-7.68%。森林面积的变化幅度最小, 变化率仅为 -7.68%。由于研究区域海岛多岩石与山体, 开发难度大, 反而使得森林得到了较好的保护。1986—1995 年, 各生态系统类型的面积变化率都较小, 城镇面积缓慢增大, 各生态系统类型缓慢减小; 1995—2005 年, 城镇生态系统面积大幅度增加, 变化率为 131%, 其他生态系统面积则一直处于下降趋势; 2005—2014 年, 城镇生态系统面积保持大幅度增加, 变化率为 74%, 湿地与农田生态系统面积大幅度减小, 分

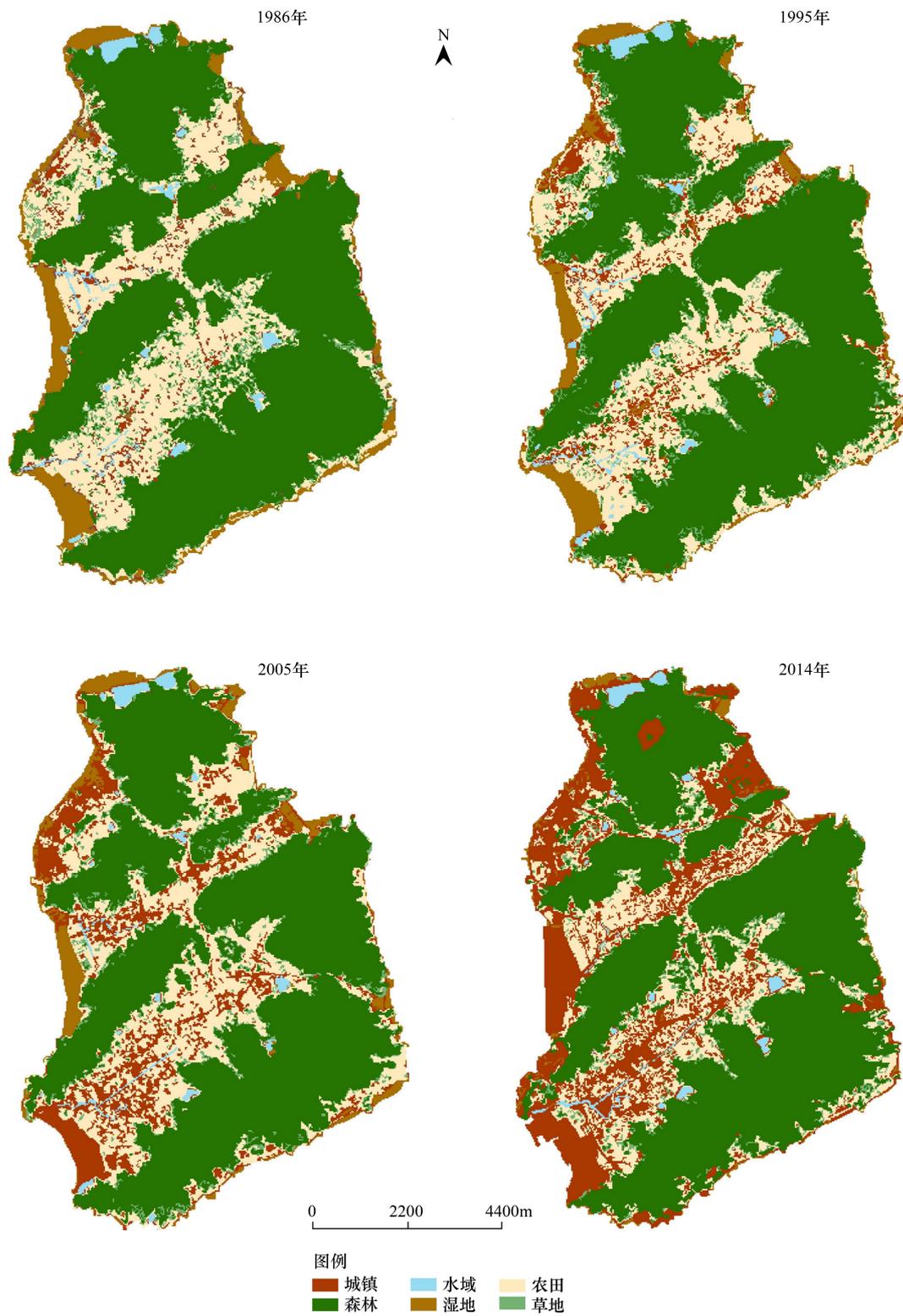


图2 1986—2014年金塘岛生态系统变化图

Fig.2 Ecosystem changes map of Jintang Island, 1986—2014

别变化了-72.9%、-19.9%,其他生态系统则处于缓慢下降趋势。

3.2 生态系统服务价值变化

根据(3)式计算得到研究区域 1986—2014 年生态系统服务价值,从图 4 中可以看出:在过去的近 30 年间,研究区域生态系统服务总价值呈明显下降趋势,下降速率逐渐增大。从 1986 年的 3.58 亿元下降到 2014 年的 2.50 亿元,减少了 30.23%。1986—1995 年,金塘岛生态系统服务价值减少了 1.93×10^7 元,变化率为 -5.39%;1995—2005 年,金塘岛生态系统服务价值持续减少,减少量为 3.74×10^7 元,变化率为 -11.05%;2005—2014 年,金塘岛生态系统服务价值减少量达到最大值,为 5.15×10^7 元,变化率为 -17.10%。

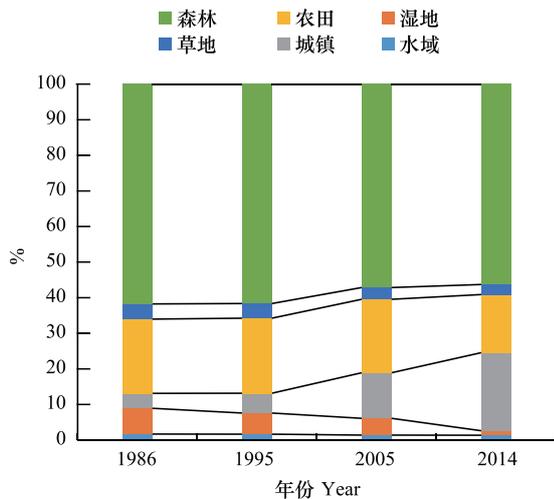


图 3 1986—2014 年金塘岛生态系统类型面积结构

Fig.3 Structure of different ecosystem types in in Jintang Island, 1986—2014

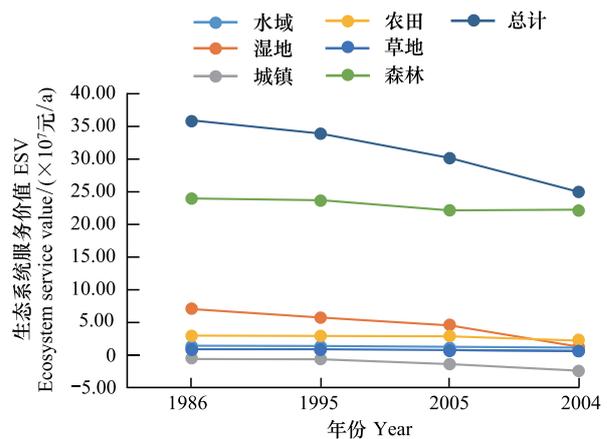


图 4 1986—2014 年金塘岛生态系统服务价值变化

Fig.4 Ecosystem service value changes of Jintang Island, 1986—2014

其中森林的生态系统服务价值所占比重最大,达到 66.9% 以上,其次分别为湿地、农田、水域、草地,城镇生态系统服务价值最低。1986—1995 年与 2005—2014 年,森林的生态系统服务价值保持稳定,处于较小的衰减趋势;而在 1995—2005 年中,其服务价值减少量最大,达到 1.46×10^7 元,变化率为 -6.18%。1986—2014 年间,湿地生态系统服务价值减少量最大,服务价值减少了 5.85×10^7 元,下降了 82.28%。其中,1986—2005 年,保持在 -9% 的稳定变化趋势,而在 2005—2014 年则下降了 72.84%。1986—2014 年,水域与草地生态系统服务价值呈现相似的减少趋势,价值减少量都是先增大后减小,其中 1986—1995 年,水域与草地的生态系统服务价值分别减少了 1.49%、4.49%;1995—2005 年,水域与草地分别减少了 15.91%、20.00%;2005—2014 年,水域与草地分别减少了 1.80%、11.76%。农田生态系统服务价值在 1986—2005 年保持稳定,变化率在 -1% 以内;2005—2014 年间,则减少了 19.86%。城镇生态系统由于其在水分调节与废物处理服务等方面表现的负向价值大于其在水土保持服务方面的正向价值,因此城镇生态系统的服务价值表现为负向增加,1986—2014 年间,城镇服务价值变化率为 426.09%,是 6 种生态系统中变化最大的;其中 1986—1995 年、1995—2005 年、2005—2014 年变化率分别为 30.43%、131.67%、74.10%。

3.3 生态系统服务价值空间分布

在 ArcGIS10.1 软件中,计算出 1986、1995、2005、2014 年金塘岛的生态系统单位面积服务价值,对各生态系统服务价值进行了分类:极低(小于 0 万元/ hm^2)、低(0—3 万元/ hm^2)、中(3—7 万元/ hm^2)、高(7—11 万元/ hm^2)、极高(大于 11 万元/ hm^2),并在时空图中表示其空间差异,结果如下图所示(图 5)。可以看出 1986—2014 年,生态系统服务价值极低区域,主要分布于港口码头、道路枢纽与城镇聚集区,如金塘岛极低价值区出现在沥港、舟甬高速沿线、乡镇聚集区。服务价值极低区域随着城市化的加剧呈现急剧扩大趋势,沿着人类活动中心方向扩展。从时空分布图上可以看出,大面积出现极低区域的时间是在 1995—2014 年舟山社

会经济大发展时期,舟山跨海大桥(1999年)和大陆引水工程(1998年)亦在这段时间开始修建。1986—2014年,低生态系统服务价值区域的分布与农田的空间分布吻合,从时空分布上来看,低生态系统服务价值区域逐渐被极价值区域替代和向中服务价值区域扩散。而生态系统服务价值中区域逐渐被低、极低区域所替代,服务价值中区域逐渐向价值高、极高区域扩散。高生态系统服务价值区域与森林分布区域相一致,而极高生态系统服务价值区域与水域、湿地生态系统分布相一致。1986—2014年间,高生态系统服务价值区域略有减少,服务价值极高区域处于减小的趋势。

表 2 1986—2014 年金塘岛生态系统服务及总价值变化

Table 2 Changes of ecosystem services value of Jintang Island, 1986—2014

年份 Year	生态系统类型 Ecosystem types	水域 Water body	湿地 Wetland	城镇 Urban	农田 Farmland	草地 Grassland	森林 Forest	总计 Total
1986	ESV($\times 10^7$ 元/a)	1.34	7.11	-0.46	2.95	0.89	23.95	35.79
1995	ESV($\times 10^7$ 元/a)	1.32	5.73	-0.60	2.94	0.85	23.62	33.86
2005	ESV($\times 10^7$ 元/a)	1.11	4.64	-0.39	2.92	0.68	22.16	30.12
2014	ESV($\times 10^7$ 元/a)	1.09	1.26	-2.42	2.34	0.60	22.11	24.97
1986—1995	ESV 变化/ $(\times 10^7$ 元/a)	-0.02	-0.38	-0.14	-0.01	-0.04	-0.33	-0.93
	变化率/%	-0.49	-9.41	30.43	-0.34	-4.49	-0.38	-5.39
1995—2005	ESV 变化/ $(\times 10^7$ 元/a)	-0.21	-0.09	-0.79	-0.02	-0.17	-0.46	-3.74
	变化率/%	-5.91	-9.02	131.67	-0.68	-20.00	-6.18	-1.05
2005—2014	ESV 变化/ $(\times 10^7$ 元/a)	-0.02	-3.38	-0.03	-0.58	-0.08	-0.05	-5.15
	变化率/%	-0.80	-72.84	74.10	-9.86	-1.76	-0.23	-7.10
1986—2014	ESV 变化/ $(\times 10^7$ 元/a)	-0.25	-5.85	-0.96	-0.61	-0.29	-0.84	-0.82
	变化率/%	-8.66	-82.28	426.09	-20.68	-32.58	-7.68	-30.23

3.4 敏感性分析

应用公式(4)先将各生态系统类型的生态系统服务价值系数调整 50%,随后对金塘岛生态系统服务价值的敏感性指数进行计算,得到的结果如图 6 所示。可以发现林地的敏感性指数最高,而其他用地类型的敏感型指数值都小于 0.2,这是由于林地的面积优势使得其在总生态系统服务价值中所占比例最大造成的。所有的敏感性指数均小于 1,也就是说研究区域的生态系统服务价值系数是缺乏弹性的,研究结果是可信的。

4 讨论

4.1 生态系统类型转换分析

在过去近 30 年的社会经济发展中,海岛区域 GDP 与人口不断增长、城镇化进程持续加快,研究区域生态系统类型变化主要体现在城镇生态系统的面积持续增加,其他生态系统类型面积不同程度减少,特别是 2005—2014 年间变化显著。根据统计年鉴数据,舟山地区城镇化率由 1986 年的 22.93% 增长到 2014 年的 43.38%,城建区面积不断扩大、森林草地遭到持续破坏、潮间带逐步收缩,同时可耕种地类的面积也在不断减少。而海岛地区土地资源非常有限,建设用地指标严重不足。一直以来建设用地是由其他用地类型转化、滩涂围垦、开山、填海造陆等方式获得。这种开发方式虽带来了 GDP 近百倍的增长^[12],但经济发展与生态平衡的矛盾却日益凸显。根据 Jianyu Chen 的研究^[22],舟山群岛从 20 世纪 90 年代末期开始,建设力度不断加大,其建设用地面积年平均增长率为 4.17%,而研究区域 1995—2014 年间平均增长率为 7.60%,金塘岛作为连接舟山主岛与大陆之间的重要岛屿,其建设用地的面积增长速率大于舟山群岛的平均值。长此以往下去,海岛生态系统将无法支撑起岛域社会经济的长期发展。

4.2 生态系统类型转换对服务价值的影响

1986—2014 年,金塘岛生态系统服务价值下降的主要原因是湿地和森林面积的下降,城镇面积的增加。由于城镇化、工业化对海岛建设的影响,使得城镇生态系统面积激增,湿地水域、森林、草地等这些生态系统服

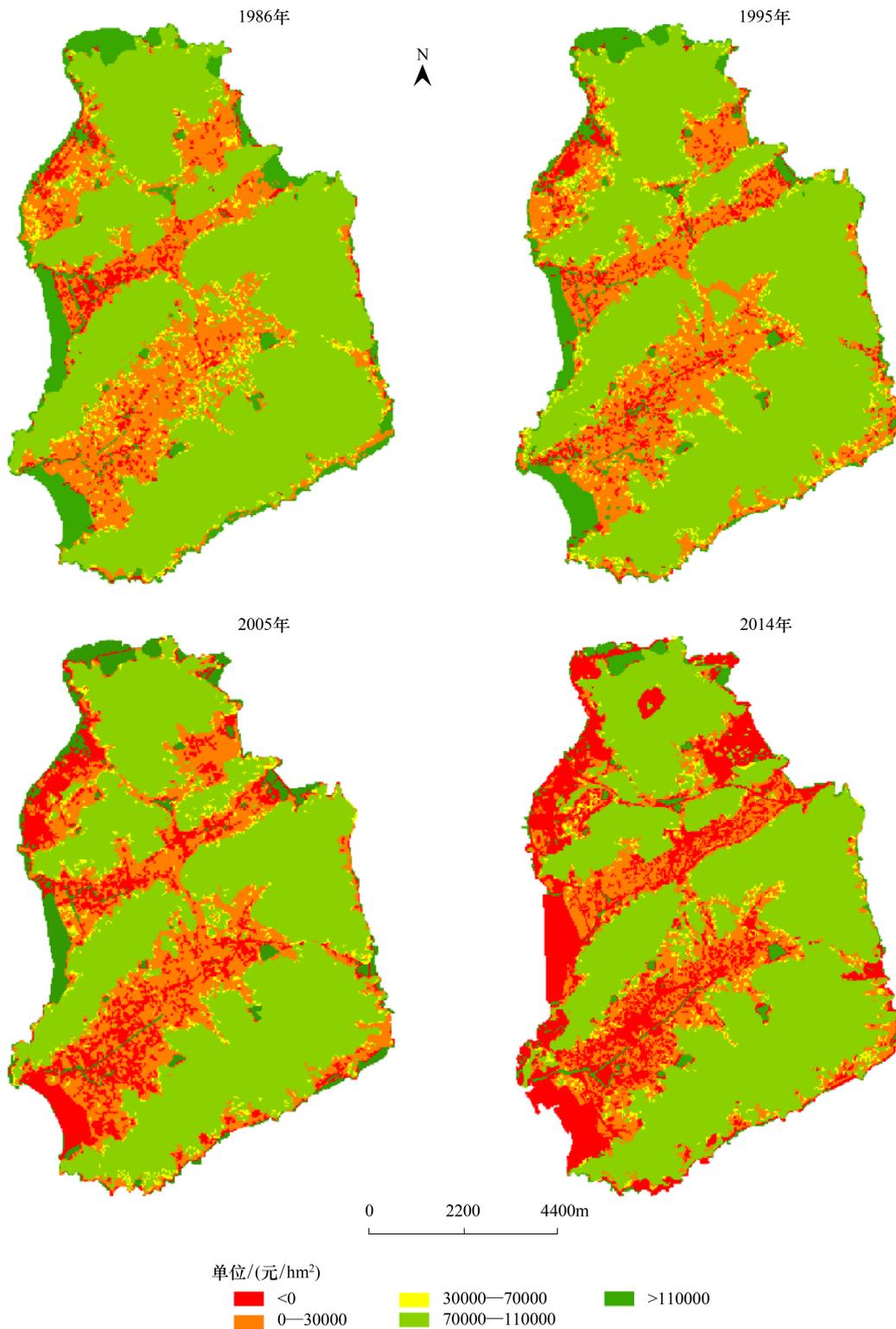


图 5 1986—2014 年金塘岛生态系统服务价值空间分布

Fig.5 Distribution of the ecosystem services value of Jintang Island, 1986—2014

务价值系数较高的类型向城镇类型转化,在本研究中主要是由于湿地生态系统和森林生态系统服务价值的减少,城镇生态系统面积的大幅增加,导致生态系统服务总价值在过去的近 30 年里减少了 30.23%。从生态系统服务价值评估的角度上看,社会经济发展之所以导致生态环境质量下降,是因为 1986 年以来,海港经济的

繁荣、工业化和城镇化的快速发展,迫使各生态系统类型土地不得不逐步的向城镇建设用地发展。其中城镇生态系统所提供的服务功能较弱,而湿地、森林等生态系统提供的服务功能较强,使得生态系统提供的产品与服务在数量和质量上下降。这样就导致服务价值系数较高的土地越来越少,生态系统服务质量逐步下降,海岛的生态环境越来越差。对比海南岛、崇明岛的历史发展时期亦有相似的情况发生,海南岛在 1998—2008 年间,生态系统服务价值减少了 29.3%^[23];崇明岛 1989—2008 年间,土地利用情况发生较大的变化,农田、森林大面积减少,而城乡建设用地明显增多^[24]。说明海岛历史发展过程中,人类活动对生态系统及其服务价值的影响是相似的。

4.3 生态系统服务价值变化对海岛管理保护的启示

过去,海岛的开发模式是渔业码头、港口经济所伴随的城镇化建设。特别是 20 世纪 90 年代以来,人类活动的干扰对海岛生态系统的影响逐步居于主导地位。海岛地区出现的沿海水质污染、鱼类资源锐减、红树林等湿地的丧失、生物多样性的减少、自然灾害频繁等问题严重影响了区域的可持续发展。产生这些环境问题的根源,很大程度上在于人类对自然生态系统的功能、地位及其对人类发展所提供的服务等问题认识的不足,重视不够,以至于过度开发,引起了海岛的生态系统服务功能的下降。“人海陆”三者集中作用对海岛生态系统产生了诸多影响,分别表现在:经济发展城市建设与用地资源短缺的矛盾;农业生产生活用水与淡水资源短缺的矛盾;城市建设用地的扩张与天然滩涂湿地、耕地的矛盾;海洋侵蚀对海岸带生态系统的破坏。为了解决淡水资源的矛盾,舟山政府从 1998 年开始“大陆引水工程”;为了支持开发,1999 年开始了“大陆连岛工程”。就地区发展而言,这样的措施是促进经济发展的,但海岛生态系统管理不光要体现在发展方面,还要着力于保护。

如今由于连接宁波镇海和舟山本岛的舟山跨海大桥在 2009 年底建成通车,且浙江舟山在 2011 年 6 月被国务院批准设立为“舟山群岛新区”,使得海岛地区的生态建设正在面临严峻考验,森林、滩涂沼泽、水域等这些生态系统服务价值系数较高的土地一旦被破坏,将较难重建起原有的生态体系。因此必须合理规划利用土地,树立管理自然资源的理念,构建资源有偿使用和生态补偿制度,把握人口、经济、资源环境的平衡点推动发展,将人口规模、产业结构、增长速度控制在资源承载能力和环境容量内^[25]。就保护而言,应充分保护现有各种资源,开发以不能超过其利用阈值为限。就开发而言,应进行分类利用,计划开发,避免重复开发与短期开发所带来的浪费。

5 结论

(1) 文章基于遥感数据获得的土地利用数据,估算浙江舟山金塘岛 1986—2014 年的生态系统服务价值的方法,简单易行,对于舟山群岛地区的海岛可以直接套用,对于其他海岛地区需结合当地农田产值与森林生物量修订,才能使结果更加符合实际。

(2) 1986—2014 年期间,研究区域城镇生态系统面积持续增加,其他生态系统类型面积不同程度减少。其中城镇生态系统面积的增加了 427.5%,而其他减少的生态系统类型大多数转化为城镇,这样就导致生态系统服务价值系数较高的土地减少,提供的生态系统服务越来越少,海岛的生态环境质量越来越差。

(3) 1986—2014 年金塘岛的生态系统服务总价值呈减少趋势,共减少了 1.08 亿元,减少了 30.23%,其中湿地与森林的生态系统服务价值量减少最多,城镇的服务价值变化率最大。空间上表现为价值极低区域沿着人类活动中心方向扩展的且呈现急剧扩大趋势。研究发现,城镇化、工业化背景下的海岛经济发展,使大量用

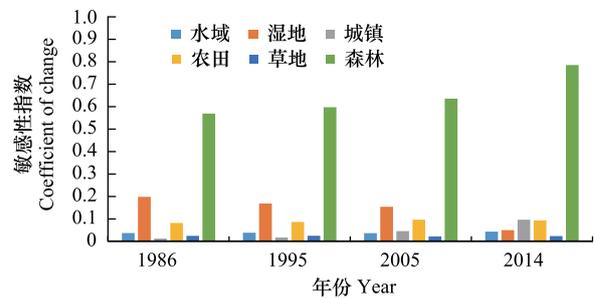


图 6 金塘岛生态系统服务价值敏感性分析

Fig. 6 Sensitive coefficient of ecosystem services in Jintang Island, 1986—2014

地类型向城镇生态系统集聚,生态系统提供的产品与服务在数量和质量上逐步下降,不利于海岛的可持续发展。

参考文献(References):

- [1] Daily G C, Söderqvist T, Aniyar S, Arrow K, Dasgupta P, Ehrlich P R, Folke C, Jansson A, Jansson B, Kautsky N, Levin S, Lubchenco J, Mäler K, Simpson D, Starrett D, Tilman D, Walker B. The value of nature and the nature of value. *Science*, 2000, 289(5478): 395-396.
- [2] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [3] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [4] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 1-10.
- [5] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展. *生态学报*, 2007, 27(1): 346-356.
- [6] Lin T, Xue X Z, Shi L Y, Gao L J. Urban spatial expansion and its impacts on island ecosystem services and landscape pattern: a case study of the island city of Xiamen, Southeast China. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 81(9): 90-96.
- [7] Lopes R, Videira N. Valuing marine and coastal ecosystem services: an integrated participatory framework. *Ocean & Coastal Management*, 2013, 84: 153-162.
- [8] 赵晟, 李梦娜, 吴常文. 舟山海域生态系统服务能值价值评估. *生态学报*, 2015, 35(3): 678-685.
- [9] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 吕吉斌. 典型海岛生态系统服务及价值评估. *海洋环境科学*, 2009, 28(6): 743-748.
- [10] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 肖寒, 王效科. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究. *应用生态学报*, 2004, 15(8): 1395-1402.
- [11] 《中国海岛志》编纂委员会. 中国海岛志(浙江卷). 北京: 海洋出版社, 2014.
- [12] 舟山市统计局. 舟山统计年鉴 1986—2014. 北京: 中国统计出版社, 1986—2014.
- [13] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 陈操. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [14] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [15] 庄杰. 舟山海岛典型植物群落结构及优化对策研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [16] 孙玉冰. 舟山群岛的植被覆盖度与景观格局的变化研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [17] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. *生态学报*, 1996, 16(5): 497-508.
- [18] 刘双娜, 周涛, 舒阳, 戴铭, 魏林艳, 张鑫. 基于遥感降尺度估算中国森林生物量的空间分布. *生态学报*, 2012, 32(8): 2320-2330.
- [19] 董家华, 包存宽, 舒廷飞. 生态系统生态服务的供应与消耗平衡关系分析. *生态学报*, 2006, 26(6): 2001-2010.
- [20] 石垚, 王如松, 黄锦楼, 阳文锐. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析. *科学通报*, 2012, 57(9): 720-731.
- [21] 刘桂林, 张落成, 张倩. 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响. *生态学报*, 2014, 34(12): 3311-3319.
- [22] Chen J Y, Pan D L, Mao Z H, Chen N H, Zhao J H, Liu M L. Land-cover reconstruction and change analysis using multisource remotely sensed imageries in Zhoushan islands since 1970. *Journal of Coastal Research*, 2014, 30(2): 272-282.
- [23] 隋磊, 赵智杰, 金羽, 关学彬, 肖明. 海南岛自然生态系统服务价值动态评估. *资源科学*, 2012, 34(3): 572-580.
- [24] 马明睿. 崇明土地利用与景观格局动态分析及生态系统健康评价[D]. 上海: 华东师范大学, 2013.
- [25] 彭本荣, 洪华生. 海岸带生态系统服务价值评估: 理论与应用研究. 北京: 海洋出版社, 2006.